

# METHOD AND EQUIPMENT FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

Publication number: JP2003017422

Publication date: 2003-01-17

Inventor: TAKAGI MIKIO

Applicant: FTL KK

Classification:

- International: C23C16/455; C23C16/452; C23C16/458; C30B25/14; H01L21/00; H01L21/205; H01L21/304; H01L21/306; H01L21/3065; C23C16/44; C23C16/455; C23C16/448; C23C16/458; C30B25/14; H01L21/00; H01L21/02; C23C16/44; (IPC1-7): H01L21/205; C23C16/455; H01L21/304; H01L21/3065

- European: C23C16/455A; C23C16/452; C23C16/455K14; C23C16/458D2B; C30B25/14; H01L21/00S2H4; H01L21/306N2

Application number: JP20020098317 20020401

Priority number(s): JP20020098317 20020401

Also published as:



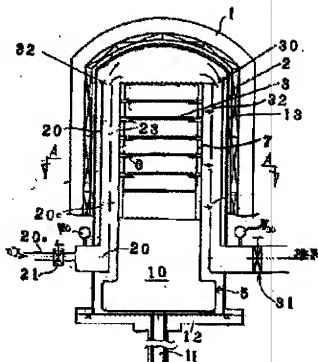
US2003186517 (A1)

TW236705B (B)

Report a data error here

## Abstract of JP2003017422

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce generation of particles in a vertical single-reaction tube type batch furnace, to increase the utilization efficiency of a gas in a method of removing a natural oxide film using fluoride gas, to conduct a catalytic excitation of a reactive gas at a high temperature in a batch process, and to provide a method for catalytic excitation by a method jointly using an oxidant and other gas than the oxidant. **SOLUTION:** The flow rates of a gas blowout tube and a gas exhaust tube are essentially the same. Intervals between wafers are set to a free path of a gas or larger. The oxidant is catalytically dissociated by Ir, V, and kanthal, and the oxidant is subjected to catalytic dissociation by W or the like.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-17422

(P2003-17422A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース(参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/455		C 2 3 C 16/455	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/304	6 4 5	H 0 1 L 21/304	6 4 5 B 5 F 0 4 5
21/3065		21/302	1 0 2

審査請求 未請求 請求項の数16 O L 公開請求 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-98317(P2002-98317)

(22) 出願日 平成14年4月1日 (2002.4.1)

(71) 出願人 591257421

株式会社エフティーエル

神奈川県川崎市多摩区登戸2578番地 登戸

ハイデンス302号

(72) 発明者 高木 幹夫

神奈川県川崎市多摩区登戸2578番地 登戸

ハイデンス302号 株式会社エフティーエ

ル内

(74) 代理人 100077528

弁理士 村井 卓雄

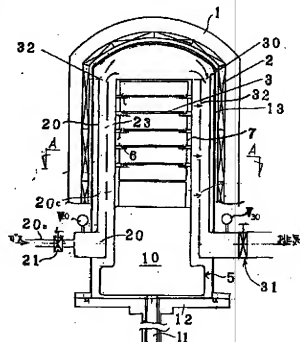
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法及び半導体装置の製造装置

## (57) 【要約】

【課題】 縦型一重反応管型パッチ炉においてパーティクルの発生を少なくする。自然酸化膜を弗化物ガスで除去する方法において、ガスの利用率を高める。高温で反応ガスを触媒励起する方法をパッチプロセスとする。酸化剤と酸化剤以外のガスを併用する方法で触媒励起する方法を提供する。

【解決手段】 ガス噴出管とガス排気管との流速を実質的に等しくする。ウェーハ間隔をガスの自由行程以上とする。Ir、V、カンタルで酸化剤を触媒解離し、酸化剤はWなどで触媒解離する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板載置治具の側面を取囲み上部が閉鎖された一重反応管内、ダミーウェーハを含むもしくは含まない2枚以上の半導体基板を、前記基板載置治具から取り外し可能にかつ上下に2枚以上ほぼ等間隔で横置きし、かつ該半導体基板を、加熱手段を有する縦型加熱炉内に配列し、ガスと接触させるに際して、該一重反応管と前記基板載置治具の中間を縦方向に延在したガス噴出管内を流れるガス流速と、前記一重反応管と前記基板載置治具の中間を縦方向に延在したガス排出管内を流れるガス流速とを実質的に等しくすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 ダミーウェーハを含むもしくは含まない2枚以上の半導体基板を、ガスの平均自由行程より大きいほぼ等間隔で、取り外し可能に反応管内に配列した基板載置治具と、必要により前記半導体基板を加熱するために該反応管に付設された加熱手段と、ガスを前記反応管内に噴出するガス噴出手段と、ガスを前記反応管外に排気する排気手段と、前記ガス噴出手段から噴出後もしくは噴出前のガスを解離させる加熱触媒手段と、を含んだことを特徴とする半導体装置の製造装置。

【請求項3】 前記ガス噴出手段が、反応管内を縦方向に延在しかつ側面に噴出孔が形成された管からなり、かつ前記排気手段が、反応管内を縦方向に延在しかつ側面に吸気孔が形成された管からなり、前記基板載置治具が前記半導体基板を上下方向に横置きしていることを特徴とする請求項2記載の半導体装置の製造装置。

【請求項4】 前記ガス噴出手段が前記反応管の下部に開口しており、かつ前記排気手段が、前記反応管内に同心状に設けられた筒状内管と該反応管の間に形成された環状間隙からなることを特徴とする請求項2記載の半導体装置の製造装置。

【請求項5】 前記ガス噴出孔及び前記排気孔の上下方向位置がほぼ一致していることを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造装置。

【請求項6】 前記加熱触媒手段が前記反応管内において前記噴出孔と面するように設けられていることを特徴とする請求項3から5までの何れか1項記載の半導体装置の製造装置。

【請求項7】 前記加熱触媒手段と前記半導体基板の中間に加熱遮蔽板を設けたことを特徴とする請求項2記載の半導体装置の製造装置。

【請求項8】 前記加熱触媒手段が前記ガス噴出管内に設けられている請求項2記載の半導体装置の製造装置。

【請求項9】 前記加熱触媒手段により解離されるガスが酸化剤以外のガスであり、酸化剤を噴出させる別の噴出手段が設けられていることを特徴とする請求項2から8までの何れか1項記載の半導体装置の製造装置。

【請求項10】 前記酸化剤をマイクロ波励起する手段

請求項9記載の半導体装置の製造装置。

【請求項11】 ダミーウェーハを含むもしくは含まない1枚以上の半導体基板を、取り外し可能に反応管内に配列した基板載置治具と、必要により前記半導体基板を加熱するために該反応管に付設された加熱手段と、酸化剤以外の第1のガスを前記反応管内に噴出する第1のガス噴出手段と、前記第1のガス噴出手段から噴出後もしくは噴出前の第1のガスを解離させる第1の加熱触媒手段と、酸化剤からなる第2のガスを前記反応管内に噴出する第2のガス噴出手段と、前記第2のガス噴出手段から噴出後もしくは噴出前の第2のガスを解離させるためのイリジウム、バナジウム又はFe-Cr-Al系電気抵抗合金からなる第2の加熱触媒手段と、前記第1及び第2のガスを前記反応管外に排気する排気手段とを含んでなり、触媒解離後の第1及び第2のガスが相互に混合されるように前記第1のガス噴出手段と前記第2のガス噴出手段の噴出口が配向されてなることを特徴とする半導体装置の製造装置。

【請求項12】 前記第1及び第2のガス噴出手段が、反応管内を縦方向に延在しかつ側面に噴出孔が形成された管からなり、かつ前記排気手段が、反応管内を縦方向に延在しかつ側面に吸気孔が形成された管からなり、前記基板載置治具が前記2枚以上の半導体基板を上下方向に横置きしていることを特徴とする請求項11記載の半導体装置の製造装置。

【請求項13】 前記第1及び第2のガス噴出手段が並設されていることを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造装置。

【請求項14】 前記第1及び第2の加熱触媒手段に到達する前の第1及び第2のガスの混合を妨げる邪魔板をさらに含んでなることを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造装置。

【請求項15】 請求項2から14までの何れか1項記載の半導体製造装置を用いて、半導体装置を製造する方法。

【請求項16】 前記ガス噴出管内を流れるガス流速と、前記排気管内を流れるガス流速とを実質的に等しくすることを特徴とする請求項3又は12記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法及び半導体装置の製造装置に関するものである。より、詳しく述べるならば、本発明が適用される半導体製造方法は、SiN、SiO<sub>2</sub>、アモルファスSi、ポリSiなどの減圧CVD(Chemical Vapor Deposition)、エッチング、レジストのアッシング、反応管のクリーニングなどである。上記したエッチングは、例えば、ポリSi、ドーパドポリSi、SiO<sub>2</sub>、SiN、SiON、TiSi<sub>2</sub>、WSi<sub>2</sub>、TiNなどの電極材料を埋め

に形成されている自然酸化膜、あるいはレジストとシリコンが反応して生成するスラムなどを除去するドライクリーニングである。

【0002】

【従来の技術】縦型バッチ式加熱炉にはホットウォール型とコードウォール型がある。ホットウォール型は、例えば「ピグナズブックス3、はじめての半導体製造装置」前田和夫著、株式会社工業調査会1999年7月5日発行初版第3刷、第125頁に解説されている。コードウォール型炉は同書第143頁に解説されている。縦型加熱炉の反応管は、古くは一重管であったが、パーティクルへの要求が厳しくなるにつれて二重管が使用され、環状間隙から反応ガスを排気口へ吸引するようにされた（「電子材料」1986.3月号、縦型CVD装置RECTUS SC-6, 第98～102頁）。

【0003】本出願人に譲渡された米国特許第6204194号(2001.3.20)の従来技術説明に述べられているホットウォール二重管型縦型炉での成長条件は、ウェーハ枚数-100～150枚、ウェーハ間隔-5～9mm、均熱領域の長さ-700～900mm、炉内圧力-0.3～1 torr (40～133 Pa)、反応ガスの炉内への導入速度-3～7m/secである（第1欄第3～4行）。このような従来技術のCVD条件では、反応管内を上下に流れる反応ガスの一部がウェーハ間隙から面へ巻きこまれ、このガスの巻き込み挙動に成長速度が規制され、結果として成長速度が遅くなるために、前掲米国特許では、一重反応管を使用したバッチ式縦型炉内に上下方向に配列されたウェーハの面と平行に反応ガスを噴出することにより高速成長CVDを達成した。反応速度論的に言うと、拡散律速となる高温条件下において拡散を促進するように反応ガスの全部を高速でウェーハ面と平行に噴出している。

【0004】本出願人の出願に係るW001/173832号公報はコンタクトホール内の自然酸化膜をマイクロ波励起されたエッチングガスにより除去する方法の改良に関するものである。この方法ではコンタクトホール内の自然酸化SiO<sub>2</sub>膜が典型的には5～20オングストロームエッチング除去される。SiO<sub>2</sub>は低温で分解蒸発し易いSi<sub>2</sub>(NH<sub>6</sub>)<sub>4</sub>という錯体に転換される。この錯体生成反応の反応速度は10～25℃で高く、60℃では反応が停止することが知られている。

【0005】米国特許第4237150号明細書によると、シリランを1400～1600℃にタンクステンもしくは炭素箔で10<sup>-6</sup>～10<sup>-1</sup> torrの真空中で加熱することにより、シリランを原子状水素と炭素に解離し、水素化アモルファスシリコンを成膜する方法が提案されている。前掲米国特許第4237150号と同様に高温の加熱媒体を利用する方法（以下では「高温ガス解離法」と称する）は、例えば、2001年秋、応用物理学会13P-P11、北陸先端科学技術大学院大学西村他により、研究発表されており、加熱媒体が触

とが発表されている。なお、この方法は「電子立国の復活に光」という記事の中で「触媒化学気相成長法」との名称で2002年1月16日の朝日新聞（夕刊）で紹介された。高温ガス解離法では、ガス分子はある確率で解離して何らかの形態の種が触媒媒体表面に化学吸着し、解離吸着種は高温の触媒媒体により熱脱離され、反応空間に放出されると言われる（Cat-CVD法による半導体デバイス製造プロセス、成果報告会・資料、2001年6月4日第15頁）。高温とは、例えばSiH<sub>4</sub>・触媒媒体の場合1600℃以上である。一般に固体表面へのガス分子の衝突頻度はガスの分子密度(n<sub>g</sub>)の関数である。ところが、解離吸着種の化学式は未知であるため、前掲資料において反応空間におけるSiH<sub>4</sub>分子の衝突頻度はSiH<sub>4</sub>の分子密度を用いて計算され、実際のCVD結果を考察されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前掲米国特許第6204194号の方法によると、反応ガスは噴出管を上向きに流れた後、噴出管側面に多数設けられた噴出孔を介してウェーハ面間の間隙に高速で噴出される。反応ガスの流れは噴出孔を通過するときに最大になる。この方法の流速を模式的に図1に示す。図1は縦型反応管内の水平位置（横軸）に対応するガス流速を示す。反応ガスは高速で噴出孔から噴出されるが（点線参照）、反応ガスが噴出管内を流れる流速が相対的に低いために、ヒーターにより加熱され、パーティクルが発生し、これが反応空間に吹込まれてウェーハ欠陥の原因となった。したがって、本発明第一の目的は、縦型バッチ式加熱炉による減圧CVD法においてパーティクルを少なくするところにある。

【0007】マイクロ波励起ドライエッチング法では、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>等の材料から構成される管の周りにマイクロ波発生装置を装着し、管内を流されるH<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、又はNF<sub>3</sub>+NH<sub>3</sub>等をマイクロ波励起して作り出した活性種のエッチングガスを反応させている。この方法ではNF<sub>3</sub>はパーティクル対策の観点からマイクロ波は照射されずマイクロ波励起されたH<sub>2</sub>などと反応してエッチング力が強い活性種に転換され自然酸化膜を除去するが、副次的にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>とも反応する。この副次的反応の結果、パーティクルの原因となるAl、Siなどが作り出される。さらに、活性化されるNF<sub>3</sub>はマイクロ波により直接励起されないため、多量のNF<sub>3</sub>が必要になる。したがって、本発明の第二の目的は、自然酸化膜を錯体生成により除去する方法においてハロゲン原子含有ガスの使用量を少なくするところにある。

【0008】高温ガス解離法は大面積ウェーハに適用でき、低温プロセスであるなどの利点に着目されているが、基本的に枚葉方式であり、バッチ装置が実現されていない。したがって、本発明の第三の目的は、バッチ式高温ガス解離装置を提供することである。

離しようとする、触媒体の反応が激しく、触媒体が劣化するという問題があった。したがって、本発明の第四の目的は酸化膜の生成が可能なパッチ式高温ガス解離方法を提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る第一の目的を達成する半導体装置の減圧CVDによる製造方法はパターンの問題点を解決するものであり、基板載置治具の側面を取囲み上部が閉鎖された一重反応管内に、ダミーウェーハを含むもしくは含まない2枚以上の半導体基板を、基板載置治具から取り外し可能にかつ上下に2枚以上ほぼ等間隔で横置きし、かつ半導体基板を、加熱手段を有する縦型加熱炉内に配列し、ガスと接触させるに際して、該一重反応管と基板載置治具の中間を縦方向に延在したガス噴出管内を流れるガス流と、一重反応管と基板載置治具の中間を縦方向に延在したガス排出管内を流れるガス流とを実質的に等しくすることを特徴とする。前述の図1において、管内を流れるガスの流速に関しては、従来法では $v_1' \gg v_1'$ であったが、本発明法では $v_1 \approx v_1'$ である。なお、排気ポンプの影響により $v_1 > v_1'$ の傾向があるが、この差は5倍以下であることが好ましい。流速はウェーハ間ではウェーハ間隔が小さいほど増大する(点線の(1),(2)参照)。 $v_1 \approx v_1'$ とすることにより、ウェーハ間を流れる流速を極めてパターニクルを少なくすることができるのは前掲米国特許第620419号と同一原理で反応速度を高めることに起因する。

【0011】本発明に係る第二及び第三の目的を達成する高温ガス解離装置は、ダミーウェーハを含むもしくは含まない2枚以上の半導体基板を、ガスの平均自由行程より大きいほぼ等間隔で、取り外し可能に反応管内に配列した基板載置治具と、必要により半導体基板を加熱するために反応管に付設された加熱手段と、ガスを反応管内に噴出するガス噴出手段と、ガスを反応管外に排気する排気手段と、噴出手段から噴出後もしくは噴出前のガスを解離させる加熱触媒手段と、を含んでなることを特徴とする。但し、第二の目的を達成する高温ガス解離装置においては、ガスは自然酸化膜を除去するハロゲン含有ガスを含むものとする。

【0012】本発明の第四の目的を達成する高温ガス解離装置は、ダミーウェーハを含むもしくは含まない1枚以上の半導体基板を、取り外し可能に反応管内に配列した基板載置治具と、必要により半導体基板を加熱するために該反応管に付設された加熱手段と、酸化剤以外の第1のガスを反応管内に噴出する第1のガス噴出手段と、ガス噴出手段から噴出後もしくは噴出前の第1のガスを解離させる第1の加熱触媒手段と、酸化剤からなる第2のガスを反応管内に噴出する第2のガス噴出手段と、第1のガス噴出手段から噴出後もしくは噴出前の第2のガスを解離させるためのイリジウム、バナジウム又はFe-C

第1及び第2のガスを反応管外に排気する排気手段とを含んでなり、触媒解離後の第1及び第2のガスが相互に混合されるように第1のガス噴出手段と第2のガス噴出手段の噴出口が配向されてなることを特徴とする。

【0013】本発明の減圧CVD法において、ガス噴出手段と排気手段は種々の態様として具体化することができる。例えば、ガス噴出手段が、反応管内を縦方向に延在し、かつ側面に噴出口が形成された管からなり、かつ排出手段が、反応管内を縦方向に延在しかつ側面に吸気孔が形成されるように構成する。この場合、基板載置治具は半導体基板を上下方向に横置きしている。さらに別の態様では、ガス噴出手段が反応管の下部に開口しており、かつ排出手段が、反応管を取り囲む同心状外管と該反応管の間に形成された環状間隙からなるように構成することができる。この態様では、環状間隙を利用した排気流路はガスコンダクタンスを大きく取ることができる。

【0014】さらに、異なる態様では、ガス噴出手段が、噴出口が反応管の側面に開口する管からなり、かつガス排出手段が、排気孔が反応管の側面に開口する排気管からなるように構成することができる。この態様では、ガス噴出管及び排出管の上下方向位置がほぼ一致していることが好ましい。

【0015】本発明の第二〜第四で使用される加熱触媒手段も種々の態様として具体化することができる。例えば、加熱触媒手段が反応管内において噴出口と面するように設けるように構成することができる。この態様においては、加熱触媒手段と半導体基板の間に熱遮断板を設けることが好ましい。別の態様では、加熱触媒手段をガス噴出管内に設けることができる。

【0016】本発明に係る高温ガス解離装置にあっては、解離ガスがウェーハを200〜300℃に加熱するから、エッチングやレジストのアッシングの場合はヒーター、ランプなどの加熱手段は不要である。その他の場合はヒーター、ランプなど加熱手段を、後述の加熱温度を参照して設ける。

【0017】本発明の第二〜第三において要件となっているガスの平均自由行程( $\lambda$ )は次式で表される。

$$\lambda \propto T / \text{species}^2 \cdot P_g$$

ここでTは温度(K)、 $d_{\text{species}}$ はガスの直径(m)、 $P_g$ はガスの圧力(Pa)である。水素( $d_{\text{species}} = 2.75 \times 10^{-10}$ )、シラン( $d_{\text{species}} = m$ )の平均自由行程は(c m)を辞表に示す。

#### 【0018】

【表1】

T g	P <sub>g</sub> =0.1 Torr (13.3 Pa)	
	H <sub>2</sub>	SiH <sub>4</sub>
0°C (cm)	0.084	0.0106
2000°C (cm)	0.70	0.0878

【0019】高温ガス解離法においてはガスの利用効率  
がプラズマCVD法と比べて高い。このことはガスの基板  
への衝突頻度が(ncol)が大であることを意味している。  
複数枚のウェーハ上への均一な成膜を可能にするために  
は、これらウェーハへの衝突頻度が(ncol)が均一である  
必要がある。2枚の基板とガス分子を模式的に示す図2  
(a)、(b)において、(a)はウェーハ間隔(d<sub>1</sub>)<ガスの平均  
自由行程(λ)であり、(b)はウェーハ間隔(d<sub>2</sub>)>ガスの  
不均自由行程(λ)である。(a)の場合はガス原子が基板  
に衝突する前に相互に衝突する確率が(b)の場合よりも  
高くなる。(a)の場合は、基板への衝突頻度が局部的に  
不均一になるとともに、分子が活性状態から基底状態に  
戻るために好ましくない。図2(a)、(b)のような現象は  
プラズマCVDでも起こるが、高温ガス解離法の場合はよ  
り顕著に起こる。本発明の高温ガス解離装置において  
は、上述の理由により、ウェーハの間隔をガスの平均自  
由行程(λ)以上とする(d>λ)。しかしながら、d>λは  
反応空間を十分に大きく意味がないのでd=1~3λであるこ  
とが好ましい。

【0020】加熱触媒手段により解離されるガスは、一  
般に、SiH<sub>4</sub>, Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, TEOS, TMOP, NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>,  
B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, I<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, SiCl<sub>4</sub>, BBr<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, PCl<sub>3</sub>, BC  
l<sub>3</sub>, WF<sub>6</sub>, TiCl<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub>, GeCl<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>などの酸化  
剤以外の物質である。この物質には化合物内に酸素を含  
むTEOSも含まれる。NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>あるいは、例えば  
2.5 GHzの高周波で励起されるO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>ガス(Remote Pla  
sma Gasと言われることもある)などの酸化剤は解離せ  
ずに、これらを噴出させる別の噴出手段が設けられるが、  
本発明の第三の実施態様である請求項9である。本発明  
の第四は、請求項9と異なり酸化剤の加熱触媒手段とし  
てはイリジウム、バナジウムおよびカンタルとして著  
名なFe-Cr-Al系電気抵抗体用合金を使用することによ  
り、ヒーターの劣化を防止するものである。酸化剤とし  
ては上記のものであってよいが、マイクロ波励起された  
O<sub>2</sub>ガスをさらに熱解離することは不可能と考えられるの  
で、これは除く。

【0021】本発明において使用するガスについてさら  
に説明する。本発明の第一において使用するガスはCVD  
や拡散などにおいて公知のものである。

【0022】本発明の第三において使用するガスおよび  
反応温度は例えば次のとおりである。

(イ) Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜: SiH<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>の組み合わせ(反応温  
度750~800°C)、SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>とNH<sub>3</sub>の組み合わせ(反応温

(ロ) ポリSi膜: SiH<sub>4</sub> (580~625°C)、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (5  
00~550°C)

(ハ) p-ドーパポリSi膜: SiH<sub>4</sub>とPH<sub>3</sub>の組み合わ  
せ(550~600°C)

【0023】酸化膜を成膜する場合、本発明の第三にお  
いては酸化剤はWヒーターなどで解離させずにSiH<sub>4</sub>な  
どの解離ガスと反応させる。酸素を化合物中に含むTEOS  
はWヒーターなどで解離させる。第四においてはイリジ  
ウムヒーターなどにより解離させる。酸化剤としては、  
NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>及びO<sub>3</sub>からなる群から選択されるものを使用  
することができ、特に次の組み合わせが好ましい。

(ニ) SiO<sub>2</sub>膜: SiH<sub>4</sub>とNO<sub>x</sub> (約800°C)、SiH<sub>4</sub>とO<sub>2</sub> (300  
~400°C)、SiH<sub>4</sub>とCO<sub>2</sub> (900~1000°C)、TEOSとO<sub>2</sub> (650  
~670°C)、TEOS (300~400°C)、TEOSとO<sub>2</sub> (350~400  
°C)

(ホ) SiON膜: SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>の組み合わせ(700~8  
00°C)

#### 【0024】

【発明の実施形態】以下、図面に示された実施例を参照  
して本発明を説明する。本発明の第一の方法の実施態様  
を示す図3、4において、1は縦型加熱炉の炉体であっ  
て、ホットワール炉の特長である耐火・耐熱材料を下端  
が開放され天井部が閉鎖された釜状に成形したものである。  
2は炉体1の内壁に適当な治具に固定された加熱手  
段であるヒーターである。ヒーター2は幾つかのゾーン  
に分けられ、それぞれの電流が独立に制御される。炉体  
1とヒーター2の下部は流速計V<sub>in</sub>, V<sub>out</sub>を図示する作図  
上省略してある。

【0025】5はタワー型基板載置治具であり、全体が  
下部中心軸11に担持されて炉内空間に連通するとともに  
回転せしめられる。回転は処理温度が150°C以下の場合  
は必要になり、処理温度が350~450°Cの場合は回転を  
行わなくても5~10%の膜厚面内分布を達成することが  
できる。3は複数枚のウェーハであって、最上及び/又は  
最下の1枚もしくは数枚はダミーウェーハのことある。  
8インチウェーハ3は間隔が5~15 mm、特に10  
mm程度で配列されることが好ましい。ウェーハ3を支  
えかつ縦方向に配列するために、多段に配列された環状  
部6を支柱7により一定間隔で固定している。さらに環  
状部6からは90°間隔で4個の爪8を水平に炉の中心軸  
11に向かって突出させることによりウェーハ3の周縁を支  
えるようにしている。

【0026】10は支柱7の下端を固定する基底部であ  
る。基底部10は内部を真空とした中空体として構成す  
ることができる。基底部10の底部に固定された下部中心  
軸11は着脱自在な底板12の中心孔を貫通して、図示  
されない昇降・回転機構に連絡されている。

【0027】13は石英製一重型反応管(以下「反応  
管」という)であって、内部に反応空間が設定される。

それぞれ2本を1組として、反応ガス噴出管20は、内径が10mm以上であることが好ましく、また導入区間20a、減圧区間20b及び噴出区間20cを逐次連続させることにより構成されている。導入区間20aには弁21が設けられており、反応終了後反応ガスの流入を遮断し、さらにCVD成長中には反応ガス排出管30に設けられたポンプの能力に対応して弁21が開閉され炉内のコンダクタンスを定める。次に、減圧区間20bは均熱領域外に位置し、管内径を急激に拡大することにより減圧をもたらす、ガス流速を増大させ、 $V_2 \approx V_1$  実現に寄与する。

【0028】最後に噴出区間20cは炉内に縦方向に延在して、上下に配列されたウェーハ3に反応ガスを噴出孔23より均等に給送する。噴出孔23の態様は次の通りである。

【0029】例えば、管の先端を行止まりにして、管側面からの噴出孔から反応ガスを噴出させる。この態様では噴出孔23の総断面積( $S_t$ )を反応ガス噴出管20Cの断面積( $S_2$ )より大きくする( $S_t > S_2$ )ことにより、ガスの絞込みによる流速増を避けることが必要である一環反応管20内は、反応ガス噴出管20内より排気ポンプに近いために反応ガスの流速が大きくなる傾向にあるためである。

【0030】別の態様では、管の先端を行止まりにしないで開放端32とする(図3)、開放端32の断面積( $S_1$ )は噴出孔の断面積( $S_2$ )と同じ作用をするから  $S_1 + S_1' > S_2$  とすることにより、ガスの絞込みによる流速増大を避けることができる。反応ガス噴出管の先端は先広がりすると前記式の左辺を大きくすることができる。さらに他の態様では、噴出管20の先端を開放端32としかつ全部の噴出孔23を閉じる。この態様では開放端32から反応ガスを噴出させる。

【0031】反応ガス排出管30は弁31を出口側に備えた、L字型の管からなり、先端は排気管の吸気孔32を形成している。側面には吸気孔33が穿設され、さらに(図示されない)排気ポンプが設けられている。

【0032】反応ガス噴出管20と反応ガス排気管30の対応位置に、流速計 $V_m$ を $V_m$ をそれぞれ設けることによりガスの流速を測定する。

【0033】反応ガス噴出管20は図4に示すように2本の管体20<sub>m,n</sub>を並立させることができる。管体20<sub>m,n</sub>の長さとは同じでもよく、長短の差があってもよい。同じ長さの管体20<sub>m,n</sub>には別種別のガスを流すことができる。長短の差がある、管体20<sub>m,n</sub>のそれぞれからは上部ウェーハもしくは下部ウェーハの何れかの方に反応ガスを流すことができる。反応ガス排出管30も同様に2本の管体30<sub>m,n</sub>を並立させることができる。

【0034】図5には、先端が閉じられた反応ガス噴出

は正面図である。3個の噴出孔23は図5(b)のように先端(上側)の方が後端(下側)より三角形の断面積が大きくなり、かつ同じ位置の噴出孔21も上側の方の断面積が大きくなり、これら孔形状の変化によってガス噴出流量が上下で均等化される。図5(c)は同じ形状・寸法の噴出孔21の個数を変化させることによって同様の効果を達成している。

【0035】図3に示される縦型加熱炉の反応ガス噴出管20及び反応ガス排出管30のみを抽出し、共通部分には同じ参照符号を付して図6に示してある。図6に図解される高温ガス解離法は、高温に加熱されたタングステン、モリブデン、タンタル、カンタル(ガドリウム社の商品名)、イリジウムなどの線あるいはこれらの金属に $Al_2O_3$ をコーティングした線からなるヒーター(加熱解離手段)26(以下「タングステンヒーター26」と称する)に反応ガスを接触させることにより「従来の技術」の欄で言及した反応ガス解離現象をもたらす、その後反応ガスを噴出孔23から噴出させバッチ処理を行うところに特徴がある。減圧区間20b内の圧力は1~20 Paであることが好ましい。

【0036】すなわち、図3の装置全体の構造をそのまま採用し、図6の点を変更すると本発明の第二~第四の装置を構成することができる。但し、次の点を考慮する必要がある。

(a) タングステンヒーター26とウェーハ3の距離が短く、かつ反応温度が低い場合はタングステンヒーター26によりウェーハ3が反応温度に加熱されることもあるので、ヒーター2(加熱触媒手段)は必要ではない。  
(b) 第三の発明では酸化剤と酸化剤以外は別々の噴出管20<sub>m,n</sub>から噴出させる必要がある。  
(c) 第二の発明では自然酸化膜を除去するエッチングガスを熱解離して1枚又は2枚以上のウェーハを処理する。

【0037】Wなどの高温加熱媒体を使用する反応の条件を例示すると次のとおりである。

【0038】(1)  $NF_3$ ,  $SF_6$ ,  $ClF_3$  を使用する  $Si$ ,  $SiO_2$ ,  $Si_3N_4$  のエッチング: 希釈媒体-H<sub>2</sub>, 通電加熱温度-2400℃、圧力-67Pa、 $NF_3$  流量-70sccm(前記応用物理学会発表)

【0039】(2) アンダーコート素化微結晶 $Si$ のCVD:  $SiH_4$  流速-2~15ヒーター面積-5~30 cm<sup>2</sup>、ガス圧-0.1~13Pa、基板温度-200~300℃、フィラメント温度-1,500℃、Wフィラメント表面積-4 cm<sup>2</sup>(Extended Abstract of the International Pre-work shop on Cat - CVD (Hot-wide CVD) Process, 1999, 9, 29石川ハイテクセンター、p 55)(3) アモルファス $Si$ : ヒーター温度1500~1900℃、 $SiH_4$  流量-10~20sccm、 $H_2$  流量-10~40sccm、ヒーター電力-100~600W、ヒーター面積-5~30 cm<sup>2</sup>、ガス圧-0.1~13Pa、基板温度-150~300℃(Extended Abstract, 1st International Conference on Cat-CVD (Hot-Wide CV

【0040】(4)ポリSi: ヒーター温度-1500~1900℃, SiH<sub>4</sub>流量-0.5~10sccm, H<sub>2</sub>流量-0~200sccm, ヒーター電力-800~1500w、ヒーター面積-10~60cm<sup>2</sup>, ガス圧-0.1~40Pa, 基板温度-300~450℃ ((3)と同じ)。

【0041】(5)SiNx: ヒーター温度-1500~1900℃, SiH<sub>4</sub>流量-0.5~5sccm, NH<sub>3</sub>流量-50~200sccm, ヒーター電力-300~800W, ヒーター面積-5~30cm<sup>2</sup>, ガス圧-0.1~13Pa, 基板温度-200~300℃ ((3)と同じ)。

【0042】(6)レジストのアッシング: H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> のガス (応用物理学会発表)

【0043】図7は、図6とは異なる形状及び配置のタングステンヒーターを示す。タングステンヒーター26は反応ガス噴出管20とウェーハ載置治具の中間に配置されている。タングステンヒーター26は石英管などの鞘体27内に案内され、反応に必要な高温区間は鞘体27外でU字状に展開している(26a)。噴出孔23から噴出された反応ガスがタングステンヒーター26と接触し、その後ウェーハ上に成膜する。鞘体27内ではタングステンヒーター26との間に間隙が形成されるようにし、ここにN<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>などのガスを流してタングステンを保護することができる。また鞘体27内のタングステンは鞘体27外のタングステンより太くすることが好ましい。

【0044】図8は、図6、7とは異なる形状及び配置のタングステンヒーターを示し、基板載置治具は図示を省略した縦型炉の横断面図である。反応ガス噴出管20の二本の並立管20a、20bの間に配置されたタングステンヒーター26が噴出されたシランなどのガス28を加熱・解離しウェーハ3に向かって解離反応ガスを供給する。このような解離反応ガスの流れがタングステンヒーター26とウェーハ3に集中するように邪魔板29を設けている。並立管20a、20bの他に別途酸化剤噴出管を炉内の適当な位置に設けてSiO<sub>2</sub>膜を成長させることができる。

【0045】図9及び図10は、350~450℃より低温、特に150~300℃での反応に適したランプ加熱を行う本第一発明の装置の実施態様を示す。但し、流速計V<sub>30</sub>、V<sub>31</sub>は設置位置のみを示す。図9、10において図3、4と同じ部材には同じ参照符号を付けている。図中40aは棒状加熱ランプであり、円周上に多数配列されており、41は金(Au)箔を張った反射板であり、42はジャケットである。反射板41とジャケット42の間は水冷されている。40bは天井を蛇行するランプヒーターである。また、処理終了後に炉内ガスを追い出すバージガス導入管50及び炉内の熱に対して下部を保護するセラベータ51が設けられている。底部板10内には反射板52が設けられ、炉内の熱を反射して反応空間における温度均一性を高める。さらに、上端面石英板53が最上ウェーハ3の上方に設けられ、反応空間の

【0046】図11~13は、特に上記した自然酸化膜のエッチングに適した本第二発明の半導体製造装置の実施態様を示し、図3、4と同じ部材は同じ参照符号で示してある。但し、反応ガス導入管20と反応ガス排出管30が横方向で並列されるように配置し、反応管13及びこれらの管20、30はアルミニウム製としている。アルミニウムは、N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>などと反応して安定な不動態膜を作るためにパーティクルの発生が極めて少なくなる。また、NF<sub>3</sub>などはタングステンヒーター26により解離され、活性化されるためにその使用量が少なくなる。

【0047】タングステンヒーター26は、ガス流方向からみると間隔が狭いW字パターンを多数並べたような形状を有している。段落0004で触れたように励起NF<sub>3</sub>による自然酸化膜除去反応速度は60℃で低下するので、タングステンヒーター26によりウェーハ3がこのような温度に加熱されないようにする必要がある。したがって、タングステンヒーター26と基板載置治具6の間に光遮蔽板35を設けることにより、ウェーハ3の輻射加熱を防止している。一方光遮蔽板35の頂部と反応管13の内壁の間には間隙が残されるようにし、励起されたNF<sub>3</sub>等はこの間隙を通過してウェーハ3に達する。光遮蔽板35は内部を水冷構造とし、ジャケット式にすることが好ましい。モーター36の回転をギヤ37を介して下部中心軸11に伝達すると、ウェーハ3全体が回転する。

【0048】図14は本発明の第四に係る装置の実施態様を示す図面であり、図8と同じ方向の断面図である。図中、20aはSiH<sub>4</sub>などの酸化剤以外の噴出管、20bはH<sub>2</sub>などの酸化剤の噴出管、26aはタングステンヒーター、26bはイリジウムヒーター、45は解離前のSiH<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>の混合を妨げる邪魔板である。

【0049】図15及び図16は、本発明の第四に係る装置の別の実施態様を示す図面であり、図11~14と同じ部材には同一の参照符号を付けている。この装置の特徴とするところは次のとおりである。ウェーハ3は溝付支柱ではなく多段に回転軸38に固定されたサセプタ39に載置されている。また酸化剤以外のガス導入管41と酸化剤導入管42を反応管13から分岐させる。酸化剤を解離させるイリジウムヒーター26bの代わりに2.45GHzのマイクロ波リモートプラズマ発生手段に配置する本発明の第二の実施態様となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明及び従来法の流速を示す模式図である。

【図2】2枚の基板の間で運動するガス分子を示す模式図である。

【図3】本発明に係る第一の方法を実施する一重管・バッチ式縦型炉の断面図である。

【図4】図3のA-A矢視平面図である。



(a) 図は縦断面図、(b)及び(c)図は正面図である。

【図6】本発明の第二〜第四で使用する加熱触媒手段の態様を示す図面である。

【図7】加熱触媒手段の他の態様を示す図面である。

【図8】加熱触媒手段の別の態様を示す図面である。

【図9】ランプ加熱式装置を示す縦断面図である。

【図10】図10のE-E矢視図である。

【図11】本発明第二の装置の別の実施態様を示す図面である。

【図12】高温ガス解離装置の実施例を示す図面である。

【図13】図11のA-A矢視図である。

【図14】本発明の第四の装置の一実施態様を示す図面である。

【図15】本発明の第三又は第四の装置の平面断面図である。

【図16】図15の横断面図である。

【符号の説明】

- 1：炉体
- 2：ヒーター
- 3：ウェーハ
- 5：基板載置治具
- 6：環状部
- 7：支柱
- 8：爪

\* 10：基底部

11：下部中心軸

12：底板

13：反応管

20：反応ガス噴出管

21：弁

23：噴出口

26：タングステンヒーター

27：輻射体

10 30：反応ガス排出管

31：弁

32：吸気孔

35：光遮蔽板

36：モータ

37：ギヤ

39：サセプタ

40：加熱ランプ

41：反射板

20 42：ジャケット

43：酸化剤以外のガス導入管

44：酸化剤導入管

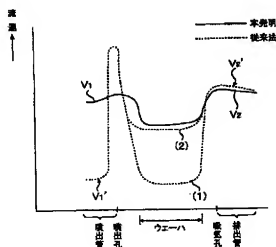
50：パージガス導入管

51：ヤバレータ

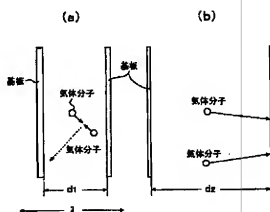
52：反射板

\* 53：上端面石英板

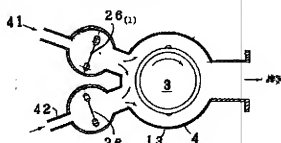
【図1】



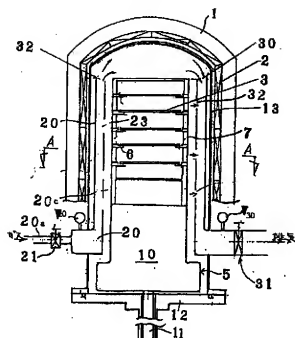
【図2】



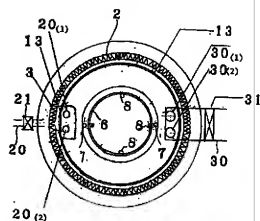
【図15】



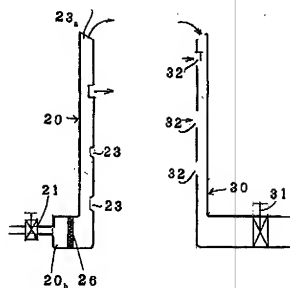
【図3】



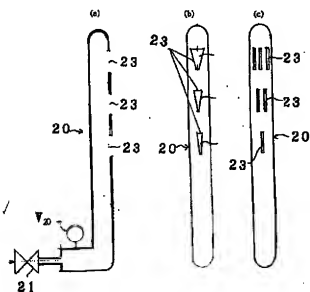
【図4】



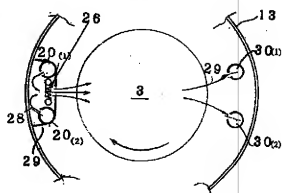
【図6】



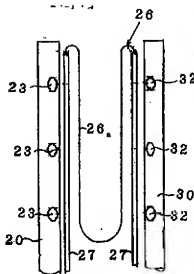
【図5】



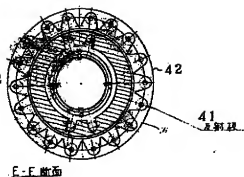
【図8】



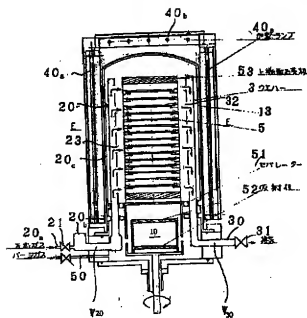
【图7】



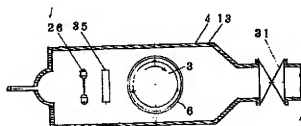
【図9】



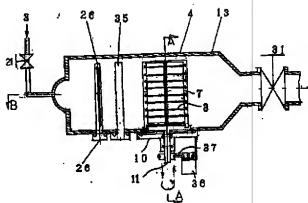
【図 10】



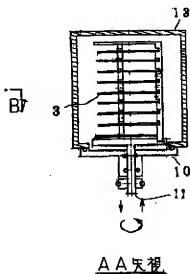
【图 12】



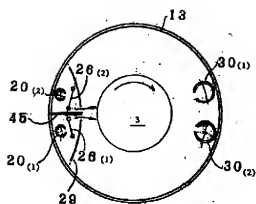
【图 1-1】



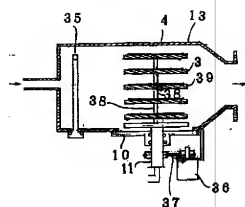
【图 13】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K030 CA04 CA12 EA06 EA11 FA10  
 FA14 FA17 JA05 JA12 KA23  
 5F004 AA14 BA19 BB28 BD04 CA02  
 DA17 DA22 DA26 DB01 DB03  
 DB07 EA34  
 5F045 AA06 AB04 AC01 AD04 AD05  
 AD06 AD07 AE13 AE15 AE17  
 BB01 BB15 DP19 EB13 EC02  
 EE20 EF03 EF20